

**PENENTUAN INDEKS KUALITAS TANAH AGROFORESTRI BERDASARKAN SIFAT KIMIA
TANAH DI SUB-DAS BENGAWAN SOLO HULU WONOGIRI
(*Determination of Soil Quality Index Based on Soil Chemical Properties
in The Upstream of Bengawan Solo River Basin Wonogiri*)**

Nur Machfiroh^{1*)}, Supriyadi²⁾, Sri Hartati²⁾

¹⁾Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta

²⁾Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta

*Contact Author: nurmachfiroh.agt@gmail.com

ABSTRACT

Land conversion extended to the upper of the watershed for residential and agricultural so soil's ability is decreased to support the soil quality. To solve these problems, in the region upstream of Bengawan Solo, enforced by Agroforestry plantings. Research carried out at the upstream of Bengawan Solo Wonogiri and Laboratory of Chemistry and Fertility of Soil Faculty of Agriculture, Sebelas Maret University Surakarta, in June 2013 until March 2014. Research used a survey method by descriptive and exploratory. Determination of the location of the site sample is done by a stratified random sampling based on land map unit. Sampling was done by a purposive sampling method. The soil quality index is determined by summing the scores for each variable which has selected from Principal Component Analysis (PCA), and then it multiplied by the weight index. The result of the study show that the soil quality of Agroforestry in the upstream of Bengawan Solo Wonogiri based on the chemical properties of the soil is low. The value of soil quality index in the secondary forest is 2.6. While in the Agrosilvopastoral is 2.3 and in the Agrisilviculture is 2.1, which are lower than the secondary forest. Whereas in the Silvopastoral is 3.0, which is higher than the secondary forest.

Keywords : *land, over the function, PCA*

PENDAHULUAN

Lingkungan tempat tinggal manusia pada dasarnya merupakan bagian dari DAS. DAS memiliki arti sangat penting bagi keberlangsungan hidup manusia, terutama terkait dengan ketersediaan air dan aspek-aspek yang berhubungan dengan kesuburan tanah. Namun ternyata, kelestarian DAS seringkali diabaikan. Hutan-hutan dialihfungsikan untuk memenuhi kebutuhan hidup yang semakin meningkat, yang terbesar adalah untuk perumahan dan areal pertanian, seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Pengalihfungsian lahan yang tidak

memperhatikan kesehatan lingkungan ini pada akhirnya merambah daerah hulu sehingga kondisi hulu menjadi semakin buruk (Warsito, 2009). Memburuknya kondisi hulu menimbulkan banyak kerugian, seperti tingginya intensitas bencana (banjir dan tanah longsor), berkurangnya kekayaan akan keberagaman flora dan fauna, serta yang terpenting adalah semakin berkurangnya kesuburan tanah akibat tingginya laju erosi, bahkan laju erosi pada sub-DAS Bengawan Solo Hulu yang merupakan lokasi penelitian mencapai 604.990 m³/th (Japan International Cooperation Agency, 2005). Laju erosi

yang tinggi mempengaruhi kesuburan tanah, yang kemudian juga akan mempengaruhi produksi tanaman budidaya yang diusahakan para petani. Tingkat kesuburan tanah yang rendah akan menghasilkan produksi yang rendah, dan apabila hal tersebut berlangsung lama, maka tidak menutup kemungkinan akan terjadi bencana lain berupa penurunan produktivitas hutan dan lahan tani di kawasan hulu yang kemudian disusul dengan penurunan produktivitas seluruh sektor perekonomian yang berupa barang dan jasa, termasuk di dalamnya pangan, di kawasan hilir (Warsito, 2009).

Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah melaksanakan sistem penanaman agroforestri. Tidak hanya berperan sebagai daerah tangkapan air, agroforestri dapat berperan dalam memperbaiki kesuburan tanah, terkait fungsi tanah sebagai penyedia nutrisi bagi tanaman, karena keberagaman material organik yang dihasilkannya dapat menambah unsur hara, selain itu seresah yang dihasilkan juga dapat berperan dalam mengurangi laju erosi secara nyata (Pramono dan Nining, 2009) sehingga laju kehilangan lapisan tanah atas, yang mengandung banyak nutrisi, dapat dikurangi. *Cover crop* juga berperan penting dalam perbaikan tanah karena *cover crop* dapat memasok bahan organik, melindungi tanah dari erosi (Marzaioli et al., 2012), dan menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai untuk habitat mikrobial (Kremer, 2013) yang berperan dalam siklus hara.

Analisis sifat kimia tanah pada lahan agroforestri di daerah hulu DAS

Bengawan Solo perlu dilakukan karena dapat digunakan sebagai acuan untuk mengambil keputusan dalam usaha memperbaiki kualitas tanah di kawasan hulu. Penelitian ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Adapun tujuan dari penelitian antara lain untuk mengetahui kesuburan tanah dan indeks kualitas tanah pada tanah agroforestri di sub-DAS Bengawan Solo Hulu Wonogiri.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di sub-DAS Bengawan Solo Hulu yang memiliki luas 19.412,81 Ha (BPDAS, 2009) dan terletak pada 110° 53' 24"- 111° 05' 24" BT dan 07° 58' 48"- 08° 04' 48" LS, dan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2013 sampai dengan Maret 2014. Penelitian bersifat deskriptif eksploratif. Lokasi pengambilan sampel ditetapkan dengan metode *stratified random sampling* dengan menggunakan SPL (Satuan Peta Lahan) berdasarkan overlay antara peta penggunaan lahan agroforestri, peta sebaran jenis tanah, dan peta kemiringan lereng. Didapat 14 titik dari overlay tersebut, diantaranya hutan pinus sebagai kontrol (SPL 1), Tenggar (2), Hargosari (3), Ngambarsari (4), Ngambarwetan (5), Topan (6), Karangasem (7), Guwotirto (8), Pidekso (9), Sambeng (10), Tompak (11), Gunung Wangunan (12), Temboro (13), dan Giriwoyo (14). Pengambilan sampel tanah dilakukan secara *purposive sampling*.

Sifat kimia tanah yang dianalisis meliputi; pH (metode elektrometrik), daya hantar listrik (menggunakan *conductivity meter*), kapasitas tukar kation (metode penjuhan amonium asetat) (Rhoades, 1982), kadar C organik (metode Walkey dan Black) (A. Walkey dan I. Black, 1934), nitrogen (N) total (metode Kjeldal) (International Institute of Tropical Agriculture, 1982), fosfor (P) tersedia (metode Bray I) (Murphy dan Riley, 1962), kalium (K) tersedia, serta kejenuhan basa yang berupa natrium (Na), kalium (K) (menggunakan flamefotometer), magnesium (Mg), kalsium (Ca) (menggunakan AAS). Hasil analisis peubah sekunder, berupa kadar lengas contoh tanah kering angin 0,5 mm (metode gravimetri), digunakan untuk menunjang perhitungan hasil analisis laboratorium kadar C organik, N total, P tersedia, dan K tersedia.

Hasil analisis laboratorium sifat kimia tanah dianalisis statistik dengan analisis korelasi dan *Principal Component Analysis* (PCA) atau analisis komponen utama dengan perangkat lunak Minitab 16. Penilaian kualitas tanah dilakukan dengan menggunakan indeks kualitas tanah melalui skoring pada beberapa data variabel terpilih dari PCA. Nilai skor berada pada interval 1 hingga 3. Semakin tinggi skor suatu variabel, semakin tinggi tingkat kualitas tanahnya. Perhitungan kualitas tanah dilakukan dengan menjumlahkan skor variabel yang dikalikan dengan indeks bobot. Penilaian kualitas tanah menggunakan indeks kualitas tanah (Zhan-jun et al., 2014).

$$IKT = \sum_{i=1}^n W_i \times S_i$$

Dimana IKT = indeks kualitas tanah, S_i = skor pada indikator terpilih, W_i = indeks bobot, n = jumlah indikator kualitas tanah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah pada lahan agroforestri di kawasan sub-DAS Bengawan Solo Hulu mengandung C organik pada kisaran rendah hingga sedang. Kadar C organik tertinggi terdapat pada SPL 14 (1,16 %), sedangkan terendah pada SPL 13 (0,17%). Kemasaman tanah berkisar antara masam hingga agak masam. SPL 14 yang memiliki pH paling mendekati netral. Kapasitas tukar kation berkisar antara rendah hingga tinggi. Tanah dengan kapasitas tukar kation rendah terdapat pada SPL 1 (12,27 cmol kg⁻¹), kapasitas tukar kation sedang terdapat pada SPL 2, 3, 5, 11, 12, 13, sedangkan kapasitas tukar kation tinggi terdapat pada SPL 4, 7, 8, 9, 10, 14. Kapasitas tukar kation dengan nilai tertinggi adalah SPL 10 (34,13 cmol kg⁻¹). N total tanah berkisar antara rendah (<0,1%) hingga sedang (0,1% – 0,5%). Tanah dengan N total rendah terdapat pada SPL 9 (0,09%) dan 13 (0,06%), sedangkan sisanya tergolong sedang, dengan nilai tertinggi pada SPL 14 (0,18%). P tersedia tanah berkisar antara sedang (8– 10 mg kg⁻¹) hingga tinggi (11– 15 mg kg⁻¹). P tersedia dalam jumlah sedang, sekaligus sebagai nilai terkecil, terdapat pada SPL 12 (10,1 mg kg⁻¹), sedangkan P tersedia pada SPL lainnya tergolong tinggi, dengan nilai tertinggi pada SPL 3 (16,5 mg kg⁻¹).

Tabel 1. Hasil (nilai rata-rata \pm standard deviasi) analisis sifat kimia tanah agroforestri di sub-DAS Bengawan Solo Hulu

SPL	C-organik (%)	pH H ₂ O	KTk ¹ (cmol kg ⁻¹)	N total (%)	P tersedia (mg kg ⁻¹)	K tersedia (cmol kg ⁻¹)	Ca (cmol kg ⁻¹)	Mg (cmol kg ⁻¹)	KB ² (%)	DHL ³ (dS m ⁻¹)
1	0.37 (\pm 0.00)	5.6 (\pm 0.17)	12.27 (\pm 18.48)	0.12 (\pm 0.00)	11.6 (\pm 0.00)	0.43 (\pm 0.01)	2.50 (\pm 0.00)	3.07 (\pm 0.35)	52 (\pm 3)	0.052 (\pm 0.01)
2	0.37 (\pm 0.00)	5.1 (\pm 0.06)	21.07 (\pm 2.57)	0.12 (\pm 0.00)	11.7 (\pm 0.00)	0.37 (\pm 0.01)	7.20 (\pm 0.00)	1.54 (\pm 0.34)	45 (\pm 1)	0.083 (\pm 0.05)
3	0.32 (\pm 0.00)	5.2 (\pm 0.06)	21.33 (\pm 2.57)	0.12 (\pm 0.00)	16.5 (\pm 0.00)	0.24 (\pm 0.01)	3.69 (\pm 0.00)	1.70 (\pm 0.20)	28 (\pm 3)	0.037 (\pm 0.00)
4	0.61 (\pm 0.00)	5.4 (\pm 0.15)	29.33 (\pm 1.22)	0.12 (\pm 0.00)	12.0 (\pm 0.00)	0.48 (\pm 0.02)	6.51 (\pm 0.00)	1.55 (\pm 0.13)	30 (\pm 2)	0.050 (\pm 0.00)
5	0.93 (\pm 0.00)	6.0 (\pm 0.15)	24.00 (\pm 6.04)	0.12 (\pm 0.00)	13.4 (\pm 0.00)	0.31 (\pm 0.03)	1.82 (\pm 0.00)	1.04 (\pm 0.46)	15 (\pm 3)	0.768 (\pm 0.13)
6	0.99 (\pm 0.00)	5.5 (\pm 0.06)	18.67 (\pm 1.22)	0.17 (\pm 0.00)	11.3 (\pm 0.00)	0.41 (\pm 0.02)	7.23 (\pm 0.00)	1.07 (\pm 0.27)	46 (\pm 1)	0.090 (\pm 0.01)
7	0.52 (\pm 0.00)	5.8 (\pm 0.10)	24.27 (\pm 0.46)	0.12 (\pm 0.00)	12.4 (\pm 0.00)	0.25 (\pm 0.01)	6.86 (\pm 0.00)	1.65 (\pm 0.33)	38 (\pm 3)	0.096 (\pm 0.02)
8	1.01 (\pm 0.00)	5.5 (\pm 0.00)	32.00 (\pm 4.45)	0.13 (\pm 0.00)	11.6 (\pm 0.00)	0.25 (\pm 0.01)	3.70 (\pm 0.00)	1.94 (\pm 0.37)	19 (\pm 1)	0.055 (\pm 0.01)
9	0.39 (\pm 0.00)	5.4 (\pm 0.00)	25.33 (\pm 1.85)	0.09 (\pm 0.00)	12.6 (\pm 0.00)	0.38 (\pm 0.02)	2.34 (\pm 0.00)	1.94 (\pm 0.21)	19 (\pm 1)	0.057 (\pm 0.00)
10	0.45 (\pm 0.00)	5.8 (\pm 0.06)	34.13 (\pm 3.95)	0.10 (\pm 0.00)	12.8 (\pm 0.00)	0.45 (\pm 0.08)	7.42 (\pm 0.00)	3.21 (\pm 1.25)	34 (\pm 6)	0.058 (\pm 0.02)
11	0.68 (\pm 0.00)	5.5 (\pm 0.00)	21.60 (\pm 2.12)	0.12 (\pm 0.00)	14.0 (\pm 0.00)	0.56 (\pm 0.01)	3.78 (\pm 0.00)	1.53 (\pm 0.36)	30 (\pm 2)	0.079 (\pm 0.01)
12	0.66 (\pm 0.00)	5.7 (\pm 0.15)	19.20 (\pm 1.39)	0.12 (\pm 0.00)	10.1 (\pm 0.00)	0.36 (\pm 0.02)	4.19 (\pm 0.00)	1.52 (\pm 0.27)	32 (\pm 1)	0.057 (\pm 0.01)
13	0.17 (\pm 0.00)	5.2 (\pm 0.15)	23.20 (\pm 1.60)	0.06 (\pm 0.00)	11.5 (\pm 0.00)	0.45 (\pm 0.01)	4.26 (\pm 0.00)	1.40 (\pm 0.41)	27 (\pm 3)	0.046 (\pm 0.01)
14	1.16 (\pm 0.00)	6.2 (\pm 0.10)	24.27 (\pm 2.81)	0.18 (\pm 0.00)	13.7 (\pm 0.00)	0.51 (\pm 0.03)	4.48 (\pm 0.00)	0.94 (\pm 0.34)	29 (\pm 7)	0.142 (\pm 0.03)

Keterangan: ¹KTk = kapasitas tukar kation, ²KB = kejenuhan basa, ³DHL = daya hantar listrik

Tabel 2. Hasil analisis korelasi

	C-org	pH	KTk ¹	N total	P tersedia	K tersedia	Ca	Mg	KB ²
pH	0.640*								
KTk ¹	-0.003*	0.134							
N total	0.802*	0.474	-0.332*						
P tersedia	-0.042*	0.036	0.169*	0.091					
K tersedia	0.051*	0.112	-0.078*	0.061	-0.096				
Ca	-0.035*	-0.122	0.082*	0.196	-0.235	0.113			
Mg	-0.470*	-0.072	0.209*	-0.369	-0.077	0.016	0.021		
KB ²	-0.229*	-0.160	-0.618*	0.257	-0.309	0.203	0.513	0.307	
DHL ³	0.382*	0.482	0.026*	0.094	0.168	-0.187	-0.382	-0.354	-0.420

Keterangan: ¹KTk = kapasitas tukar kation, ²KB = kejenuhan basa, ³DHL = daya hantar listrik, *korelasi signifikan pada taraf 0.05

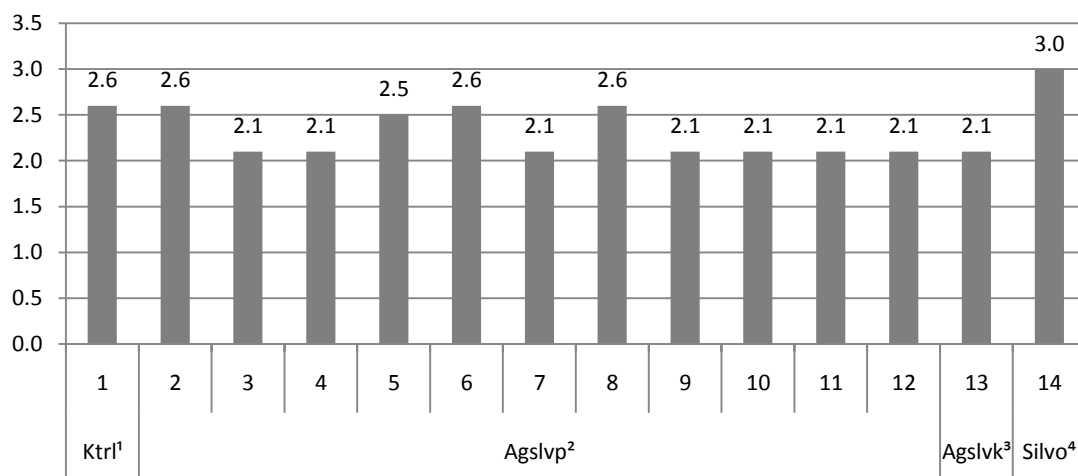
Tabel 3. Penentuan komponen utama

Nilai eigen	2.8672	2.2673	1.2429
Proporsi	0.287	0.227	0.124
Kumulatif	0.287	0.513	0.638
Variabel	PC1	PC2	PC3
C-organik	0.504	0.240	-0.168
pH	0.424	0.100	-0.363
KTk ¹	0.039	-0.407	-0.656
N total	0.352	0.463	-0.015
P tersedia	0.144	-0.254	0.113
K tersedia	-0.047	0.225	-0.298
Ca	-0.190	0.358	-0.385
Mg	-0.345	-0.097	-0.342
KB²	-0.295	0.516	0.097
DHL³	0.419	-0.182	0.182

Keterangan: ¹KTk = kapasitas tukar kation, ²KB = kejenuhan basa, ³DHL = daya hantar listrik

K tersedia tanah agroforestri di sub-DAS Bengawan Solo Hulu berkisar antara rendah ($0.1-0.3 \text{ cmol kg}^{-1}$) hingga sedang ($0.4-0.5 \text{ cmol kg}^{-1}$). SPL dengan K tersedia rendah di antaranya SPL 2, 3, 5, 7, 8, 9, dan 12. SPL 3 merupakan yang terendah ($0.24 \text{ cmol kg}^{-1}$). SPL dengan K tersedia sedang di antaranya SPL 1, 4, 6, 10, 11, 13, dan 14. SPL 11 merupakan yang tertinggi ($0.56 \text{ cmol kg}^{-1}$). Kadar Ca tertukar dalam tanah agroforestri di sub-DAS Bengawan Solo Hulu berkisar

antara sangat rendah ($<2 \text{ cmol kg}^{-1}$) hingga sedang ($6-10 \text{ cmol kg}^{-1}$). Ca tertukar dengan kadar rendah terdapat pada SPL 1, 3, 5, 8, 9, 11, 12, 13, dan 14, dengan nilai terendah pada SPL 5 ($1.82 \text{ cmol kg}^{-1}$). Ca tertukar dengan kadar sedang terdapat pada SPL 2, 4, 6, 7, dan 10, dengan nilai tertinggi pada SPL 10 ($7.42 \text{ cmol kg}^{-1}$). Kadar Mg berkisar antara rendah ($<0.3 \text{ cmol kg}^{-1}$) hingga tinggi ($2.1-8.0 \text{ cmol kg}^{-1}$). Mg tertukar dengan kadar rendah, sekaligus sebagai nilai terkecil, terdapat pada SPL 14 ($0.94 \text{ cmol kg}^{-1}$), kadar sedang pada SPL 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, dan 13, sedangkan kadar tinggi pada SPL 1 ($3.07 \text{ cmol kg}^{-1}$) dan 10 ($3.21 \text{ cmol kg}^{-1}$). Kejenuhan basa berkisar antara sangat rendah ($<20\%$) hingga sedang ($41\% - 60\%$). Kejenuhan basa sangat rendah terdapat pada SPL 5, 8, 9, dengan nilai terendah pada SPL 5 (15%). Kejenuhan basa rendah terdapat pada SPL 3, 4, 7, 10, 11, 12, 13, 14, sedangkan kejenuhan basa sedang terdapat pada SPL 1, 2, 6, dengan nilai tertinggi pada SPL 1 (52%).



Keterangan: ¹Ktrl = kontrol, ²Agslvp = agrosilvopastoral, ³Agslvk = Agrisilvikultur, ⁴Silvo = silvopastoral

Gambar 1. Histogram indeks kualitas tanah agroforestri di sub-DAS Bengawan Solo Hulu Wonogiri

Daya hantar listrik (DHL) seluruh SPL termasuk dalam kriteria sangat rendah karena bernilai $<1 \text{ dS m}^{-1}$. Nilai DHL tertinggi terdapat pada SPL 5 (0.768 dS m^{-1}), sedangkan terendah pada SPL 3 (0.037 dS m^{-1}).

Jenis tanah pada lokasi penelitian adalah Latosol cokelat kemerahan dan Litosol, menurut Dudal dan Suprpto Harjo (1957), atau Inceptisol dan Entisol, menurut USDA *Soil Taxonomy* (1975). Tanah Latosol cokelat kemerahan merupakan tanah yang telah mengalami pelapukan lanjut dan mengalami pencucian yang sangat tinggi sehingga batas horizon menjadi baur, kandungan mineral primer (mudah lapuk) dan unsur hara rendah, kandungan bahan organik rendah, serta pH berkisar antara 4.5 hingga 5.5. Tanah Litosol merupakan tanah yang belum mengalami perkembangan profil (Hardjowigeno, 2003) sehingga tanah ini dianggap sebagai tanah yang paling muda. Tanah Litosol banyak dijumpai pada daerah karst (Darmawijaya, 1980) dan berlereng curam (Hardjowigeno, 2003).

Kadar C organik pada hampir seluruh SPL tergolong rendah karena kondisi topografi yang miring sehingga risiko erosi menjadi besar. Tutupan lahan pada hampir seluruh SPL didominasi tanaman tahunan, sedangkan tutupan lahan berupa *cover crop* minim dan tidak merata. Padahal, lahan yang hanya ditanami tanaman permanen pada umumnya mengandung nutrisi dan bahan organik dengan kadar rendah (Marzaioli et al., 2012), sedangkan pada lahan yang permukaannya ditutup *cover crop* akan

berlaku sebaliknya. Oleh karena itu, penanaman *cover crop* pada lahan agroforestri di sub-DAS Bengawan Solo Hulu perlu ditingkatkan.

Kapasitas tukar kation dianggap penting karena kadar hara, makro maupun mikro, yang tinggi tidak akan tersedia bagi tanaman apabila kapasitas tukar kation rendah, begitu juga sebaliknya. Bahan organik mempengaruhi nilai kapasitas tukar kation. Bahan organik dapat meningkatkan kapasitas tukar kation hingga tiga kali lipat dibandingkan dengan tanah mineral. Tidak hanya bahan organik, kapasitas tukar kation juga dipengaruhi oleh jenis (Tan, 1998) dan kandungan klei di dalam tanah (A & L Canada Laboratories, 2002). Jenis tanah pada lokasi penelitian adalah Entisol dan Inceptisol sehingga klei yang terdapat pada tanah sampel adalah illit (2:1 tak mengembang). Tanah dengan jenis klei illit pada umumnya memiliki kapasitas tukar kation yang hanya berkisar 30 cmol kg^{-1} (Tan, 1998). Rendahnya nilai kapasitas tukar kation menunjukkan rendahnya kandungan klei di dalam tanah. Tanah dengan kandungan klei rendah tidak dapat mempertahankan nutrisi dan beberapa unsur, seperti N dan K, sangat mudah tercuci (A & L Canada Laboratories, 2002) sehingga kadar N total dan K tersedia pada tanah di lokasi penelitian masih cenderung rendah.

Seperti halnya kapasitas tukar kation, kejenuhan basa juga penting kaitannya dengan pelepasan kation dan basa-basa terjerat. Basa-basa yang dimaksud antara lain Na, K, Ca, Mg. Kejenuhan basa bahkan sering dijadikan

sebagai petunjuk tingkat kesuburan tanah. Menurut A & L Canada Laboratories (2002), persentase kejenuhan basa yang diperlukan agar produktivitas tanah menjadi optimal adalah $\geq 80\%$. Tanah dengan kejenuhan basa di bawah 40% akan mengalami masalah dan sulit untuk berproduksi.

Berdasar hasil analisis statistik, peningkatan kapasitas tukar kation menyebabkan penurunan kejenuhan basa, begitu juga sebaliknya. Hal tersebut terjadi karena di dalam tanah terdapat lebih banyak kation masam dibandingkan dengan kation basa. Kejenuhan basa juga berkorelasi dengan pH. Semakin tinggi pH tanah, maka akan semakin tinggi tingkat kejenuhan basanya. Basa-basa (Na, K, Ca, Mg) yang tersedia bagi tanaman pada lokasi penelitian tergolong rendah karena adanya pengaruh bahan organik, yang merupakan sumber nutrisi, yang bersifat *slow release*.

Indeks kualitas tanah pada tiap SPL ditentukan dengan cara menjumlahkan hasil perkalian skor sifat kimia tanah terpilih (Si) dengan indeks bobot (Wi). Indeks bobot (Wi) merupakan nilai tertinggi yang terdapat pada tiap kolom PC terpilih. Berdasar *principal componen analysis* yang diperkuat dengan analisis korelasi, sifat kimia tanah atau variabel terpilih dalam penentuan indeks kualitas tanah antara lain C organik dan kejenuhan basa. Daya hantar listrik termasuk variabel terpilih, berdasarkan *principal componen analysis*. Kemasaman tanah juga termasuk variabel terpilih karena sifat tanah ini merupakan sifat yang penting

dan paling berpengaruh terhadap sifat kimia tanah lain. Keempat variabel tersebut selanjutnya disebut sebagai *minimum data set*. Dari empat variabel terpilih, variabel yang paling menentukan kualitas tanah di lahan agroforestri di sub-DAS Bengawan Solo Hulu Wonogiri adalah C organik. Pengaruh C organik bahkan mencapai 28.7%. Indeks bobot berdasarkan *principal componen analysis* pada masing-masing variabel terpilih secara berurutan sebesar 0.504, 0.516, 0.182, dan 0.424.

Penelitian dilakukan pada 14 titik yang terdapat pada peta Satuan Peta Lahan (SPL) sub-DAS Bengawan Solo Hulu. Satu titik (SPL 1) merupakan hutan sekunder yang digunakan sebagai kontrol, dan lainnya merupakan agroforestri. SPL 2 hingga 12 merupakan agroforestri tipe agrosilvopastoral, SPL 13 merupakan agroforestri tipe agrisilvikultur, dan SPL 14 merupakan agroforestri tipe silvopastoral.

Nilai indeks kualitas tanah agroforestri di sub-DAS Bengawan Solo Hulu berkisar antara 2.1 hingga 3.0. Nilai indeks kualitas tanah SPL 14 lebih tinggi dari pada kontrol (>2.1), sedangkan SPL 2, 6, serta 8 sama dengan kontrol (2.1), dan sisanya lebih rendah dari pada kontrol (<2.1). Berdasar pengkelasan indeks kualitas tanah oleh Cantu *et al.* (2007) yang dimodifikasi, indeks kualitas tanah agroforestri di sub-DAS Bengawan Solo Hulu tergolong rendah.

Hampir seluruh SPL bernilai indeks kualitas tanah lebih rendah atau sama dengan kontrol (SPL) yang bernilai 2,6, kecuali SPL 14 (3,0). Dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem agroforestri

dengan tipe agrosilvopastoral dan agrisilvikultur tidak berpengaruh bagi kualitas tanah, ditinjau dari segi penyediaan nutrisi tanaman (Wander *et al.*, 2002). Meskipun kualitas tanah pada SPL 14 atau agroforestri tipe silvopastoral lebih tinggi dibanding dengan hutan pinus, namun masih perlu ditingkatkan dengan cara melakukan pengelolaan yang baik, semisal dengan meningkatkan diversitas vegetasi, meminimalkan pengolahan tanah (Ellis, 2013) karena hal tersebut dapat mempengaruhi peningkatan kualitas tanah (Fernandes-Ugalde *et al.*, 2009; Aziz *et al.*, 2013), menjaga kontinuitas vegetasi yang hidup pada lahan (Ellis, 2013), meningkatkan jumlah residu organik berupa seresah yang berasal dari vegetasi dengan jenis yang bervariasi, menambahkan pupuk kandang, menggunakan *cover crop* semisal legume, dan melakukan pergiliran tanam. Selain manajemen nutrisi dan residu yang telah disebutkan, penanaman dengan menyesuaikan kontur, mengikuti sabuk gunung, dan atau dengan *strip* juga perlu dilakukan sebagai upaya konservasi (USDA, 2001).

KESIMPULAN

Tanah pada agroforestri di sub-DAS Bengawan Solo Hulu Wonogiri tergolong rendah kandungan bahan organik dan hara. (N, Ca, Mg), namun kandungan P tergolong tinggi dan kandungan K sudah di atas batas minimum. Tingginya kandungan P diduga dipengaruhi aplikasi pupuk pada awal masa tanam. Indeks kualitas tanah agroforestri di kawasan sub-DAS

Bengawan Solo Hulu, berdasarkan sifat kimia tanah, paling tinggi pada tipe silvopastoral. Penanaman dengan sistem agroforestri tipe silvopastoral dapat berperan meningkatkan kesuburan tanah di kawasan sub-DAS Bengawan Solo Hulu, meskipun demikian masih diperlukan perbaikan dan peningkatan pengelolaan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Indeks kualitas tanah agroforestri tipe agrosilvopastoral dan agrisilvikultur lebih rendah dari pada hutan pinus sehingga dapat dikatakan bahwa penanaman dengan kedua tipe agroforestri tersebut tidak berperan meningkatkan kesuburan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- A & L Canada Laboratories Inc 2002. Understanding cation exchange capacity and % base saturation. Fact sheet no. 54. London.
- A Walkey, I Black 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci 37.
- Aziz Irfan, Tariq Mahmood, K Rafiq Islam 2013. Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. Soil & Tillage Research 131: 28 - 35.
- BPDAS 2009. Luas sub-DAS/DAS wilayah SWP DAS Solo. http://www.bpdassolo.net/File_download/Luas%20DAS-SubDAS%20Wil%20SWP%20DAS%20Solo.pdf Diakses tanggal 5 Desember 2013.
- Darmawijaya Isa 1980. Klasifikasi tanah dasar teori bagi peneliti tanah dan pelaksana pertanian di Indonesia. Balai Penelitian Teh dan Kina Gambung, Bandung.

- Ellis Chad 2013. Five basic principles increase soil health. AG News and Views. The Samuel Roberts Noble Foundation.
- Fernandez-Ugalde O, I Virto, P Bescansa, MJ Imaz, A Enrique, DL Karlen 2009: No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils. *Soil & Tillage Research* 106.
- Hardjowigeno Sarwono 2003. Klasifikasi tanah dan pedogenesis. Jakarta: Akademika Pressindo.
- International Institute of Tropical Agriculture 1982. Automated and semi-automated methods for soil and plant analysis. Manual Series no 7. Ibadan.
- Japan International Cooperation Agency 2005. The study on sedimentation in the Wonogiri multi-purpose dam reservoir. Surakarta.
- Kremer Robert J 2013. Cover crops improve soil biology and soil health. Natural Resources Conservation Service.
- Marzaioli R, R D'Ascoli, RA De Pascale, FA Rutigliano 2010. Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Applied Soil Ecology* 44.
- Murphy J, JP Riley 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Aral Chem. Acta* 27.
- Pramono Irfan B, Nining Wahyuningrum 2009. Model pengendalian run-off dan erosi dengan metode vegetatif (studi kasus sub-DAS Dungwot). Dalam Prosiding ekspose hasil penelitian dan pengembangan teknologi pengelolaan DAS dalam upaya pengendalian banjir dan erosi-sedimentasi. Surakarta 15 Oktober 2009. Kementerian Kehutanan.
- Rhoades JD 1982. Cation-exchange Capacity. In AL Page *et al.* (eds) *Method of soil analysis part 2* 2nd edition. ASA and SSSA, Madison. WI.
- Tan Kim H 1998. Dasar-dasar kimia tanah. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- USDA 2001. Guidelines for soil quality assessment in conservation planning. Washington DC: Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute.
- Wander Michelle M, Gerald L Walter, Todd M Nissen, German A Bollero, Susan S. Andrews, Deborah A Cavanaugh-Grant 2002. Soil quality: science and process. *Agronomy Journal* 94.
- Warsito Sofyan P 2009. Nilai ekonomi total pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Dalam Prosiding ekspose hasil penelitian dan pengembangan teknologi pengelolaan DAS dalam upaya pengendalian banjir dan erosi-sedimentasi. Surakarta 15 Oktober 2009. Kementerian Kehutanan.
- Zhan-jun Liu, Zhou Wei, Shen Jian-bo, Li Shu-tian, Liang Guo-qing, Wang Xiu-bin, Sun Jing-wen, Ai Chao 2014. Soil quality assessment of acid sulfate paddy soils with different productivities in Guangdong Province, China. *Journal of Integrative Agriculture* 13 (1).